

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №2, Том 5 / 2018, No 2, Vol 5 <https://t-s.today/issue-2-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/03SATS218.pdf>

DOI: 10.15862/03SATS218 (<http://dx.doi.org/10.15862/03SATS218>)

Статья поступила в редакцию 20.03.2018; опубликована 14.05.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Илюхин А.В., Марсова Е.В., Джабраилов Х.А., Чантиева М.Э. Особенности использования магнитострикционного вибровозбудителя для разработки тяжелых грунтов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №2, <https://t-s.today/PDF/03SATS218.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/03SATS218

For citation:

Iliukhin A.V., Marsova E.V., Dzhabrailov Kh.A., Chantieva M.E. (2018). Features of the use of a magnetostrictive exciter for the development of heavy soils. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/03SATS218.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/03SATS218

УДК 625.7

ГРНТИ 67.17.15

Илюхин Андрей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Заведующий кафедрой
Доктор технических наук, профессор
E-mail: aviluhin@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=331654

Марсова Екатерина Вадимовна

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Профессор кафедры
Доктор технических наук
E-mail: mediapp@bk.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=977296

Джабраилов Хизар Абубакарович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Заведующий лабораторией
E-mail: hizarmuslim@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=918614

Чантиева Милана Энбековна

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Инженер
Кандидат технических наук
E-mail: milach84@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=564572

Особенности использования магнитострикционного вибровозбудителя для разработки тяжелых грунтов

Аннотация. В статье приведены результаты исследования процессов разработки тяжелых грунтов на основе использования магнитострикционных вибровозбудителей с учетом особенностей его с грунтом, который позволяет сделать вывод о условиях, необходимых для

оптимального и максимально эффективного режима состояния магнитоотрицательного виброрыхлителя и, в первую очередь, это сохранение резонансной частоты рабочего органа рыхлителя, изменение которой зависит от свойств и объема разрабатываемого грунта. При разработке тяжелых грунтов случайные внешние воздействия на процесс рыхления нарушают режим согласования (резонанса) рабочего органа. Возвратить систему в режим резонанса можно с помощью ее ручной подстройки по частоте, или с помощью автоматической системы, обеспечивающих резонансный режим работы рыхлителя. Оценка процессов рыхления показывает, что работа с тяжелыми грунтами при выполнении земляных работ с помощью стандартных способов и механизмов рыхления достаточно неэффективна, при этом более рациональным методом является тот метод, в котором интенсификация процесса рыхления разрабатываемого грунта определяется высокочастотным колебанием звукового диапазона. Применение такого вида работ активизирует исполнительные органы существующих машин рыхления, что позволяет расширить диапазон работ, производимых этими машинами на тяжелых грунтах.

Ключевые слова: вибровозбудитель; тяжелые грунты; резонанс; стоячая волна; рабочий орган

При рыхлении тяжелых грунтов самым эффективным является использование магнитоотрицательных вибровозбудителей, выполненные из ферромагнитных материалов [1, 3]. В магнитоотрицательных преобразователях, используется эффект линейной магнитоотрицательности, когда в маломощных магнитных полях, осуществляется преобразование электрических колебаний в механические.

Конструктивное выполнение магнитоотрицательного вибратора, состоит из набора изолированных между собой металлических пластин толщиной 0,1...1,0 мм, присоединенных одним торцом к трансформатору (концентратору). Для возбуждения высокочастотного поля используются обмотки возбуждения и подмагничивания [2, 5].

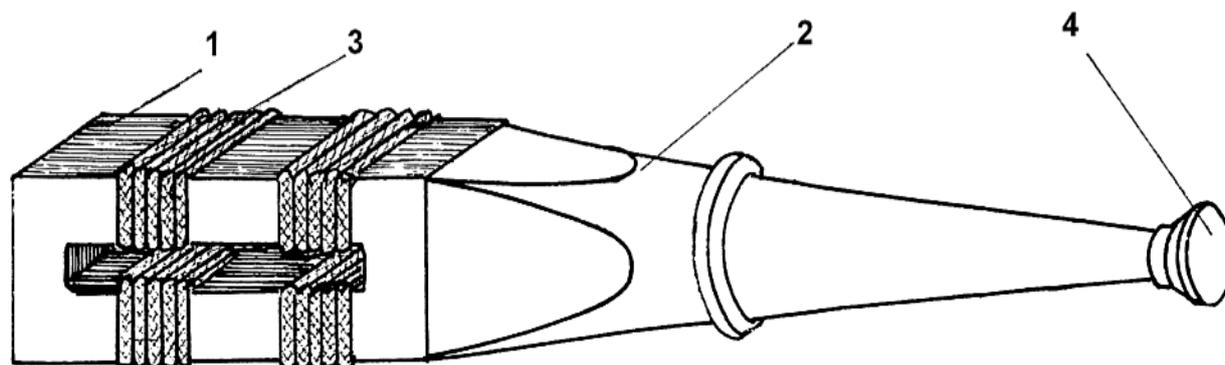


Рисунок 1. Конструкция магнитоотрицательного вибратора:

1 – вибровозбудитель; 2 – концентратор; 3 – обмотка возбуждения; 4 – излучатель

Магнитоотрицательный вибровозбудитель представляет собой колебательную систему с параметрами, распределенными по длине стержня, каждая отдельная часть которой обладает физически неразделимыми свойствами массы, упругости и активного сопротивления [4, 6, 7].

Вибровозбудители с параметрами, распределенными по длине магнитоотрицателя в отличие от вибровозбудителей с сосредоточенными параметрами, обладают большей скоростью распространения колебаний, удельной мощностью, добротностью. При вынужденных колебаниях частотой 5 кГц и амплитудой $3 \cdot 10^{-4}$ м магнитоотрицательный потребляет 4 кВтч энергии для создания активной вынуждающей силы в 80 кН [1, 5].

Для возбуждения в стержневой системе магнестриктера продольной стоячей волны поперечные размеры стержня должны быть меньше длины волны колебаний, оставаясь кратной длине попоуолны

$$L = \frac{n\lambda}{2}; \quad d \ll \lambda$$

где: λ – длина продольной волны;

d – поперечный размер вибратора;

$n = 1, 2, 3$

Тогда, в колебательная система магнестрикционного вибратора будет содержать два узла ненулевых значений стоячей волны, которым соответствуют сечения с нулевой амплитудой смещения, и в которых закрепляется вибратор (рис. 2). Это позволяет решить задачу виброизоляции рыхлительного оборудования и локализовать колебания рабочего органа [1, 6, 10].

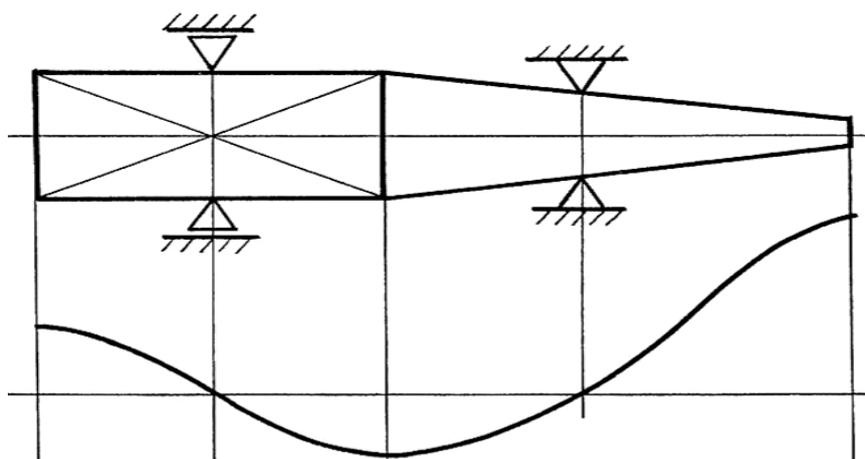


Рисунок 2. Распределение смещения по сечению магнестрикционного вибратора

Порождаемые вибратором ультразвуковые колебания высокой интенсивности передаются рабочему органу рыхлительной машины, уменьшая тем самым силы сцепления грунта, и вызывая его разупрочнение под действием знакопеременных усилий рыхления.

Интенсивность процессов рыхления существенно возрастает при приложении к грунту высокочастотных колебаний, создаваемых резонансными магнестрикционными вибраторами, позволяя значительно активизировать рабочие органы рыхлительных машин и расширить границы использования этих машин при разработке тяжелых грунтов [5, 7].

Резонансная частота вибратора при его нагружении и при отсутствии нагружения грунтом будут существенно отличаться.

Для оценки возникающей при этом степени рассогласования рабочего органа вводится показатель δ :

$$\delta = \frac{f_0}{f_H},$$

где: f_H, f_0 – резонансные частоты нагруженного и ненагруженного рабочего органа.

Нагрузка на рабочем органе рыхлительной машины грунтом, приводит к изменению частоты вибровозбудителя, что связано с присутствием в грунте активной составляющей его

комплексного сопротивления, в результате чего происходит поглощение части энергии грунтом. Однако в данной системе, энергия падающей волны частично отражается и возвращается к излучателю волны. В следствии в системе, одновременно возникает бегущая и стоячая волна.

Графики зависимости величины рассогласования δ от частоты возбуждения, при различных значениях волнового сопротивления грунта показаны на рис. 3, 4.

Данные величины рассогласования меняются от 0,968 до 0,998, при этом чувствительность магнитострикционного вибровозбудителя на больших частотах повышается к изменению волнового сопротивления разрабатываемого грунта.

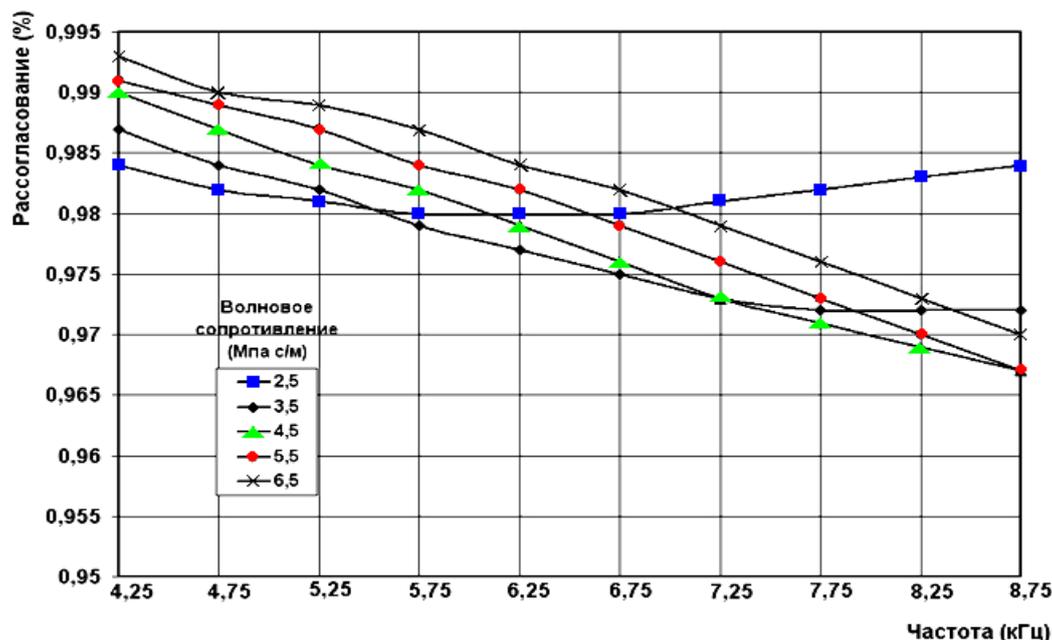


Рисунок 3. Зависимость рассогласования δ от частоты возбуждения

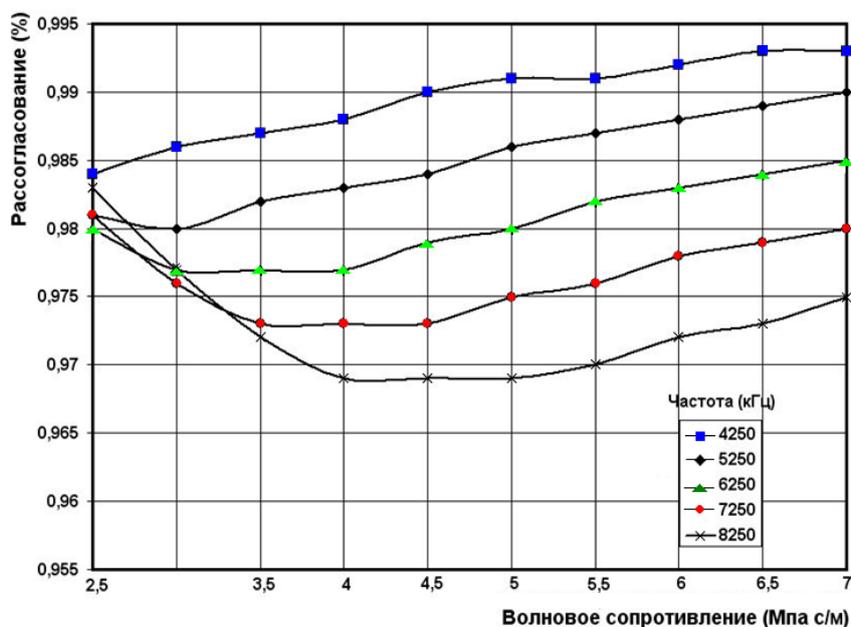


Рисунок 4. Зависимость рассогласования рабочего органа от волнового сопротивления грунта, при различных значениях частоты возбуждения

Графики на рис. 4 показывают, что увеличение значений волнового сопротивления δ уменьшает значения величин рассогласования, с увеличением сопротивления грунта условия подведения в него энергии возбудителя будут эффективнее. Поэтому наиболее целесообразно применения высокочастотных вибровозбудителей на прочных, тяжелых грунтах [2, 3].

На рис. 5 представлен характер зависимости резонансной частоты рыхлителя с присоединенным грунтом от его волнового сопротивления. Значения кривой вначале увеличиваются интенсивно, а затем по мере увеличения волнового сопротивления тяжелого грунта изменение резонансной частоты становится монотонным.

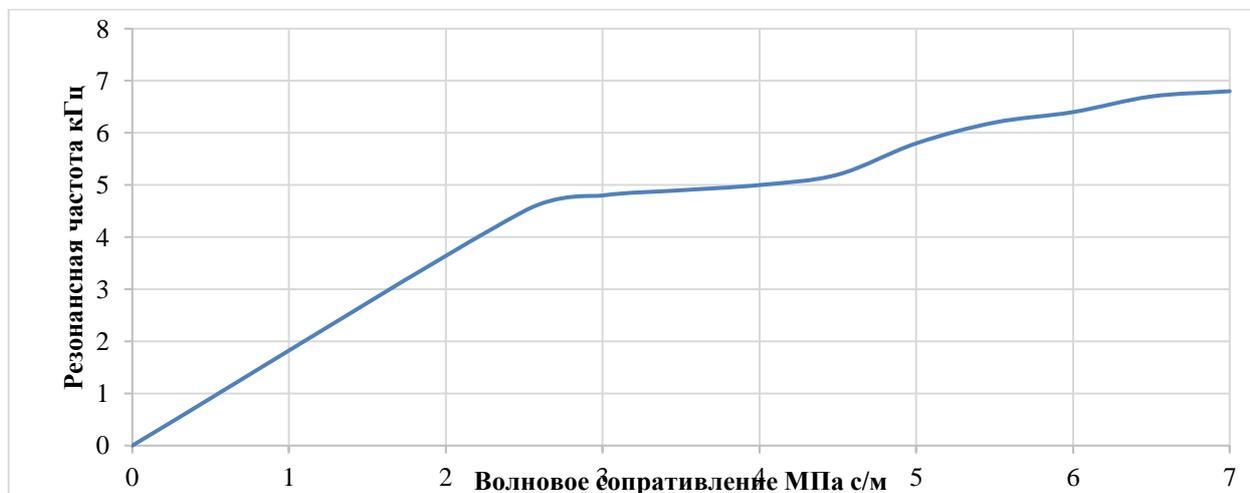


Рисунок 5. График зависимости резонансной частоты системы от волнового сопротивления грунта

Зависимости на рис. 3-5 показывают существование условий, определяющих эффективность функционирования магнитострикционного виброрыхлителя, за счет поддержания резонансной частоты колебаний рабочего органа [2, 5].

Влияния рассогласования рабочих органов на эффективное подведение энергии к грунту демонстрируют, отношение интенсивности как с учетом, так и без учета подстраивания по частоте от значения волнового сопротивления разрыхляемой поверхности (рис. 6).

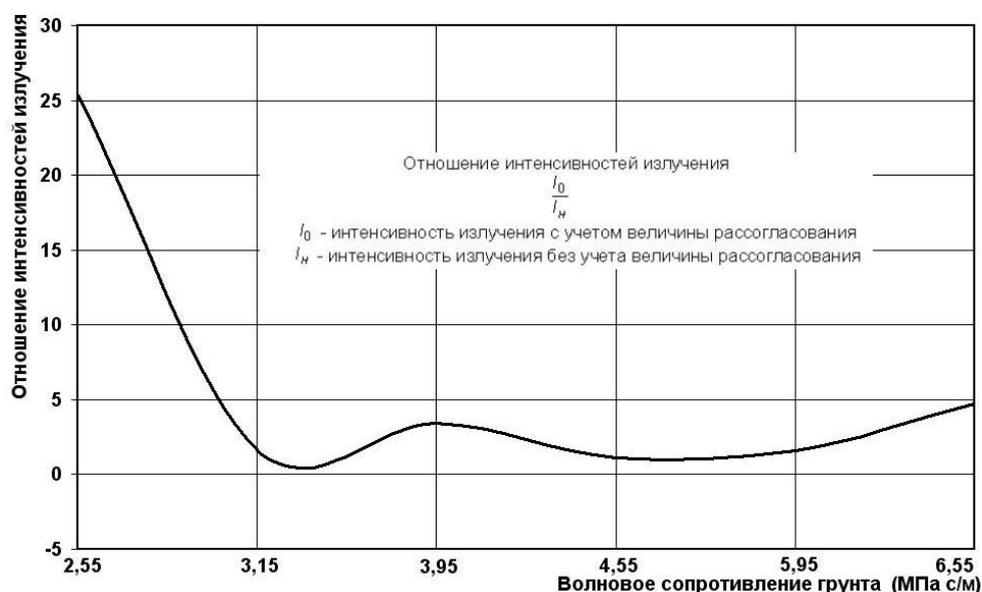


Рисунок 6. Отношения интенсивностей с учетом и без учета подстройки по частоте от величины волнового сопротивления грунта

Показатель интенсивности определялся по значениям амплитудно-частотных характеристик нагруженных рабочих органов, представленных на рис. 7.

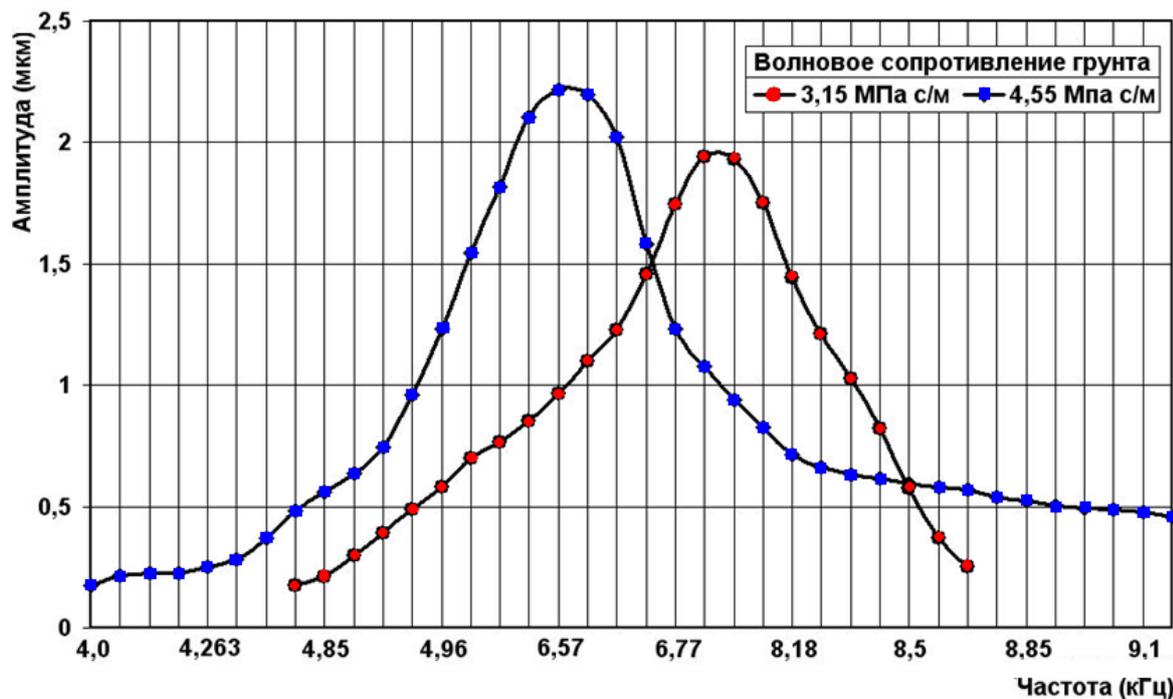


Рисунок 7. Амплитудно-частотные характеристики нагруженных рабочих органов

Измерения мощности, которую потребляет вибрационный магнитоотриктор от источника питания, позволяет получить зависимость от частоты ее изменения волнового сопротивления (рис. 8).

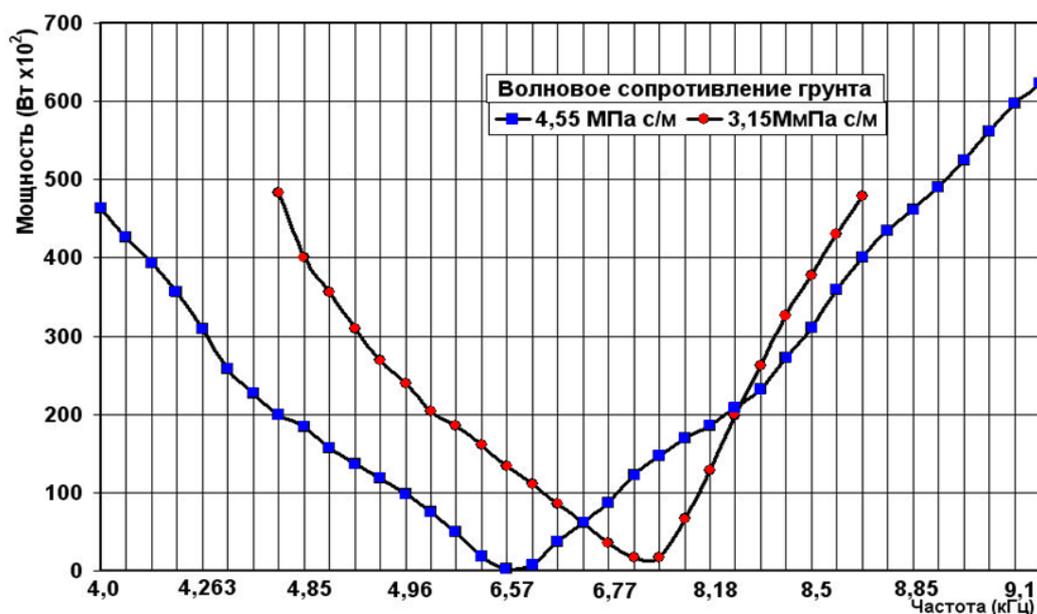


Рисунок 8. Зависимость потребляемой мощности магнитоотриктором от частоты с изменением волнового сопротивления грунта

Зависимости на рис. 8 свидетельствуют о том, что изменение волнового сопротивления грунта сопровождается резким падением мощности излучения магнитоотриктора по сравнению с состоянием резонанса определяемым волновым сопротивлением грунта. Интенсивное увеличение мощности колебаний рабочего органа, связана с тем, что частота возбуждающих

колебаний магнитостриктера не совпадает с резонансной частотой рабочего органа с присоединенным грунтом, что видно по амплитудно-частотным характеристикам на рис. 8. Результаты (рис. 7-8) демонстрируют, что учет расхождения по текущей и резонансной частотам при нагружении рабочего органа позволяет повысить эффективность рыхлением грунта [9].

Графики на рис. 7 и рис. 8 говорят о хорошей сходимости значений амплитуд колебаний рабочего органа и минимальными значениями потребляемой им мощности. Таким образом, максимальная эффективность процесса рыхления грунта может быть достигнута при резонансной частоте возбуждения магнитостриктера, которой соответствует минимальное потребление энергии системой рыхления. Введение коррекции по частоте в процессе нагружения рабочего органа повышает эффективность рыхления грунта [2, 6]. Для этого необходимо использовать автоматическую экстремальную систему коррекции частоты возбуждения магнитостриктера [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин, А.А. Задачи автоматизации магнитострикционных виброрыхлителей для разработки тяжелых и мерзлых грунтов / А.А. Гришин // Технология колесных и гусеничных машин. – 2012. – № 2(2). – С. 40-43.
2. Гришин, А.А. Анализ развития методов и машин для разработки тяжелых и мерзлых грунтов / А.А. Гришин, А.Ф. Тихонов // Механизация строительства. – 2011. – № 8. – С. 28-30.
3. Агранат, Б.А. Ультразвуковая технология / Б.А. Агранат, В.И. Башкиров, Ю.И. Китайгородский, Н.Н. Хавский – М.: Металлургия, 1974. – 504 с.
4. Сердобов, В.Б. Архитектура и строительство: монография / Д.И. Назаров, В.Б. Сердобов. – Красноярск: Научно-инновационный центр. – 2011. – 74 с.
5. Гришин, А.А. Автоматизация магнитострикционного виброрыхлителя / А.А. Гришин // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы. Материалы 15 Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Москва: Альтаир – МГАВТ, 2011. – С. 215-217.
6. Сердобов, В.Б. Исследование рыхления грунтов криолитозоны / В.Б. Сердобов, И.К. Растегаев // Применение природосберегающих технологий в условиях холодных регионов: материалы IX Международного симпозиума по развитию холодных регионов, 1-5 июня 2010 г. – Якутск: ЯНЦ СО РАН. – 2010. – С. 159.
7. Сердобов, В.Б. О глубине «плавления» рабочего органа рыхлителя статического действия / В.Б. Сердобов, И.К. Растегаев // Международный семинар «Проблемы совершенствования конструкции строительных, дорожных, коммунальных и аэродромных машин»: тезисы докладов. – М.: МАДИ, 2011. – С. 84-87.
8. Абдулханова, М.Ю. Интегрированные системы автоматизации промышленных предприятий / М.Ю. Абдулханова, Р.А. Гематудинов, М.Э. Чантиева // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2010. – № 3. – С. 103-108.
9. Шарапова И.К. Сравнительный анализ эффективности эксплуатации автомобилей, работающих на различных видах энергоносителей / И.К. Шарапова, В.В. Гулый // Издательство "Инновационное машиностроение". – 2014. – № 4. – С. 36-40.
10. Сердобов, В.Б. Исследование эффекта «плавления» рабочего оборудования рыхлителей статического действия в мерзлом грунте / В.Б. Сердобов, И.К. Растегаев, Р.В. Морозов // Материалы IX Международного симпозиума по проблемам инженерного мерзлотоведения, 3-7 сентября 2011 г. – Мирный, 2011. – С. 300-305.

Iliukhin Andrei Vladimirovich

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: aviluhin@mail.ru

Marsova Ekaterina Vadimovna

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: madiapp@bk.ru

Dzhabrailov Khizar Abubakarovich

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: hizarmuslim@mail.ru

Chantieva Milana Enbekovna

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: milach84@mail.ru

Features of the use of a magnetostrictive exciter for the development of heavy soils

Abstract. This article presents the research results of the development of heavy soil, based on the use of magneto-strictive exciters, taking into consideration its features with soil, which allows us to conclude the conditions necessary for the optimum and most effective mode of the magneto-strictive vibrator. This is the conservation of the resonance frequencies of the working unit of the ripper, the change of which depends on the properties and volume of the developed soil. In the development of heavy soils with the help of external random influences on the loosening process, violates the mode of coordination (resonance) of the working unit. The system can be returned to its initial resonance state with the help of manual adjustment on its frequency, or by using an automatic system that provides a resonant mode for the ripper. Evaluation of the loosening processes shows that working with heavy soils when performing earthworks using the standard methods and mechanisms of loosening is not effective, while a more rational method is the method in which the intensification of the loosening process of the developed soil is determined by the high-frequency oscillation of the sound range. The application of this type of work activates the working units of the existing loosening machines, which allows to expand the range of work produced by these machines on heavy soils.

Keywords: vibro-exciter; heavy soil; resonance; stationary wave; working unit

REFERENCES

1. Grishin A.A. (2012). Problems of automation of magnetostrictive vibrators for the development of heavy and frozen soils. *Technology of wheeled and caterpillar vehicles*, 2(2), pp. 40-43. (in Russian).
2. Grishin A.A., Tikhonov A.F. (2011). Analysis of the development of methods and machines for the development of heavy and frozen soils. *Mechanization of construction*, 8, pp. 28-30. (in Russian).
3. Agranat B.A., Bashkirov V.I., Kitaigorodskii Yu.I., Khavskii N.N. (1974). Ul'trazvukovaya tekhnologiya. [*Ultrasound technology.*] Moscow: Metallurgy, p. 504.
4. Nazarov D.I., Serdobov V.B. (2011). Arkhitektura i stroitel'stvo: monografiya. [*Architecture and construction: monograph.*] Krasnoyarsk: Scientific and Innovation Center, p. 74.
5. Grishin A.A. (2011). Avtomatizatsiya magnitostriksionnogo vibrorykhlitelya. [*Automation of the magnetostrictive vibrator.*] Moscow: Altair, pp. 215-217.
6. Serdobov V.B., Rastegaev I.K. (2010). Issledovanie rykhleniya gruntov kriolitozony. [*Study of loosening of cryolite soil.*] Yakutsk: YaNTs SO RAN, p. 159.
7. Serdobov V.B., Rastegaev I.K. (2011). About the depth of "swimming" of the working organ of the ripper of static action, *MADI*, pp. 84-47. (in Russian).
8. Abdulkhanova M.Yu., Gematudinov R.A., Chantieva M.E. (2010). Integrated automation systems for industrial enterprises. *MADI*, 3, pp.103-108. (in Russian).
9. Sharapova I.K., Gulyi V.V. (2014). Comparative analysis of the efficiency of the operation of vehicles operating on various types of energy carriers. *Publishing house "Innovative mechanical engineering"*, 4, pp. 36-40. (in Russian).
10. Serdobov V.B., Rasstegaev I.K., Morozov R.V. (2011). Investigation of the effect of "floating" working equipment rippers static action in frozen ground. *Mirnyi*, pp. 300-305. (in Russian). [Accessed 07 September 2011].